

RESEARCH, DESIGN AND MANUFACTURE A SIMULATION SYSTEM OF AK TRIGGER

Le Thi Thu Thuy

TNU - University of Technology

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	09/4/2023	This article discusses the possibility of creating a pneumatic actuator that simulates the working process of an AK gun when shooting. The trigger simulation system can produce the same recoil, frequency and noise as an AK gun. Once built, the system can be used for training or entertainment without using real bullets. For that purpose, a microcontroller has been employed to adjust the parameters of a pneumatic valve with a mechanical system simulated from a real gun, meanwhile the actuator is a pneumatic cylinder with a pressure source of 0.8 MPa from a conventional air compressor. Tests conducted on a gun simulation model gave positive results: The rate of fire and sound effects were similar to those of real guns, and the recoil when firing was limited. Therefore, the device is suitable for practising stork hands or applying in games that connect devices to a computer simulation environment. These applications are permitted by law and are harmless to humans and the environment.
Revised:	25/5/2023	
Published:	25/5/2023	
KEYWORDS		
AK gun		
Simulation		
4/3 valve		
Microcontroller		
Pneumatic		

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG MÔ PHÒNG CÒ SÚNG AK

Lê Thị Thu Thủy

Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	09/4/2023	Bài báo này thảo luận về khả năng tạo ra một hệ chấp hành khí nén mô phỏng lại quá trình làm việc của một khẩu súng AK khi bắn. Hệ thống mô phỏng cò súng có khả năng tạo ra lực giật, tần suất làm việc và tiếng động như của một khẩu súng AK. Sau khi chế tạo, hệ thống được sử dụng để luyện tập hoặc giải trí mà không dùng đến đạn thật. Với mục đích đó, một vi điều khiển đã được sử dụng để chỉnh các tham số của một van khí nén với hệ cơ được mô phỏng từ súng thật, trong khi cơ cấu chấp hành là một xy lanh khí nén với nguồn áp lực 0.8 MPa từ máy nén khí thông thường. Thử nghiệm được tiến hành trên mô hình mô phỏng súng đã cho kết quả khả quan: Tốc độ bắn và hiệu ứng âm thanh tương tự như ở súng thật, độ giật khi bắn còn có hạn chế. Do đó, thiết bị rất phù hợp để tập luyện tay cò hoặc ứng dụng trong các trò chơi có kết nối thiết bị thật với môi trường giả lập trên máy tính. Các ứng dụng này được pháp luật cho phép và hoàn toàn không tạo ra bất cứ nguy hiểm nào với con người và môi trường.
Ngày hoàn thiện:	25/5/2023	
Ngày đăng:	25/5/2023	
TỪ KHÓA		
Súng AK		
Mô phỏng		
Van 4/3		
Vi điều khiển		
Khí nén		

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7700>

Email: hanthuyngoc@tnut.edu.vn

<http://jst.tnu.edu.vn>

175

Email: jst@tnu.edu.vn

1. Giới thiệu

Theo Phương Hiền [1], hiện nay, nhu cầu sử dụng súng tiểu liên AK phục vụ môn học giáo dục quốc phòng, an ninh trong các trường đại học, cao đẳng là khá lớn. Tuy nhiên, nhiều trường học chưa được trang bị đủ số lượng súng nên hoặc phải giảng dạy, học tập “chay”, hoặc phải sử dụng các loại súng mô hình có thiết kế đơn giản nên chất lượng học tập không cao. Mặt khác, nếu sử dụng một số lượng lớn súng thật trong học tập cũng không bảo đảm yếu tố an toàn. Khắc phục khó khăn trên, các cán bộ, kỹ sư Nhà máy Z131 (Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng) đã nghiên cứu thiết kế, chế tạo thành công mô hình súng tiểu liên AK phục vụ học tập môn học giáo dục quốc phòng, an ninh trong nhà trường [2]. Súng này có hình dáng, kích thước và kết cấu các bộ phận tương tự như sản phẩm thật, cùng với các khả năng chuyển động như súng thật như: Lên đạn, giương búa, phát hỏa, đóng mở khóa an toàn, đóng mở thước ngắm. Sản phẩm này tập trung chủ yếu vào khía cạnh trải nghiệm kết cấu và nguyên lý, không có tác dụng trải nghiệm tái tạo sức giật, tiếng nổ, lực tay cò mô phỏng hoạt động bắn trên súng thật.

Đề tài phát triển khoa học và công nghệ của tác giả Từ Ngọc Lương [3] là một công trình khá quy mô về giáo cụ súng bộ binh, bao gồm nhiều thể loại hiện đại trang bị tập luyện cho nhiều lực lượng. Tuy nhiên công trình này cũng chỉ phục vụ được việc quan sát cấu tạo và mô phỏng trên môi trường ảo các chuyển động của súng.

Ngoài các nghiên cứu nói trên, có một bộ thiết bị bắn tập phổ biến khác được đề cập trong bài viết của trường trung học phổ thông Hàn Thuyên, Bắc Ninh [4] là MBT -03. Thiết bị này giúp lấy được đường ngắm tới một bia trên máy tính và được kiểm tra trực tiếp đường ngắm cơ bản song song với cách kiểm tra truyền thống của giáo viên. Thiết bị này chỉ tập đường ngắm, không có chức năng mô phỏng các yếu tố khác.

Có thể thấy, nhu cầu sử dụng các hệ thống vũ khí bộ binh trong đào tạo ở các nước là rất phổ biến. Tuy nhiên ở các môi trường phi quân sự hầu hết sử dụng các giải pháp mô phỏng [5] – [12] thay vì các hệ thống thực như các trường quân sự.

Vì những lý do nêu trên, vẫn cần có một thiết bị có thể vừa tái hiện được sức giật, tiếng nổ, cảm giác tay cò cũng như có khả năng kết nối được với môi trường giả lập nhằm thực hiện các nhiệm vụ trò chơi hay giáo dục quốc phòng.

Phần tiếp theo, tác giả sẽ đề cập đến việc điều chỉnh hệ thống động lực của súng để đạt được các thông số như sức giật và tốc độ bắn lý thuyết. Các thiết kế cụ thể của mạch tín hiệu điều khiển van khí nén dùng trên súng cũng được chỉ ra trong mục này.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Xây dựng hệ thống thực

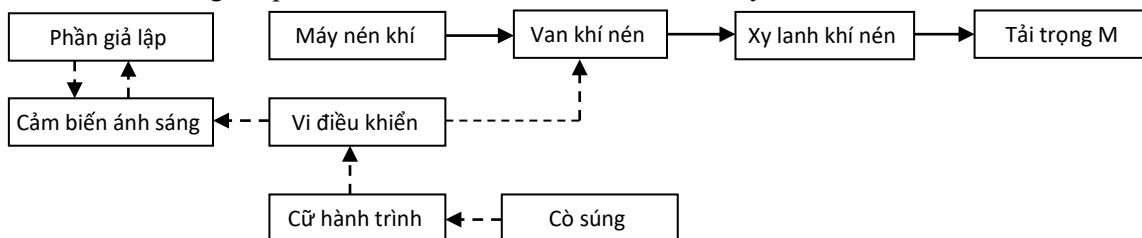
2.1.1. Hệ thống chấp hành

Với mục đích là tái tạo sức giật, tiếng nổ và cảm giác tay cò, nghiên cứu này đi theo hướng sử dụng một xy lanh khí nén làm cơ cấu chấp hành chính của hệ thống. Khi cố định thân xy lanh và cấp khí nén vào cửa A, nó thoát ra cửa B của van 5/2 làm cho cần đẩy piston mang theo khối lượng M tượng trưng cho bệ khóa nòng chuyển động hết hành trình và va đập với gá mang mô phỏng lực giật của phát bắn. Cảm giác của tay cò được điều chỉnh bởi một lò xo, khi xiết cò tay cò tác động lên một cử hành trình lấy tín hiệu điện về điều khiển van khí nén qua một mạch băm xung. Luồng khí áp lực 0.8 MPa từ máy nén khí được chia thành các xung tính toán theo tốc độ bắn lý thuyết 600 phát/phút của súng AK.

Về nguyên tắc, chỉ cần sao chép khối lượng M, hành trình của thoi đẩy và tần số đóng cắt của van khí nén giống như súng thật thì sẽ có một hệ thống mô phỏng súng AK hoàn chỉnh. Tuy nhiên, vì nguồn động lực của máy nén khí chỉ có 0.8 MPa nên không đủ để thay cho áp lực khí nén từ thuốc súng [13] nên mô hình này đã điều chỉnh khối lượng M theo tỉ lệ (công suất/ khối lượng = 355 MPa/4,3 kg) như súng AK mẫu để có hiệu ứng lực giật tốt nhất có thể. Như vậy, mô

hình ở đây là mô hình đồng dạng động lực học với súng thật, không phải mô hình sao chép nguyên mẫu như súng thật. Như vậy, việc đảm bảo tỉ số Công suất/ khối lượng sẽ cho phép tái hiện sức giết, việc tốc độ đóng cắt van khí theo tốc độ bắn thực tế 600 phát/ phút sẽ cho mô phỏng chính xác về việc điều khiển tay cò khí tập bắn hai viên một như yêu cầu.

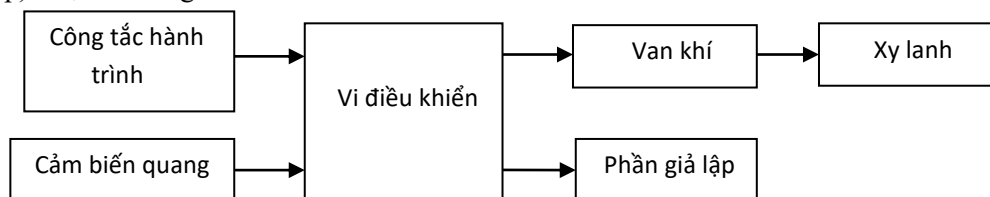
Sơ đồ hệ thống chấp hành được thể hiện như hình 1 dưới đây.



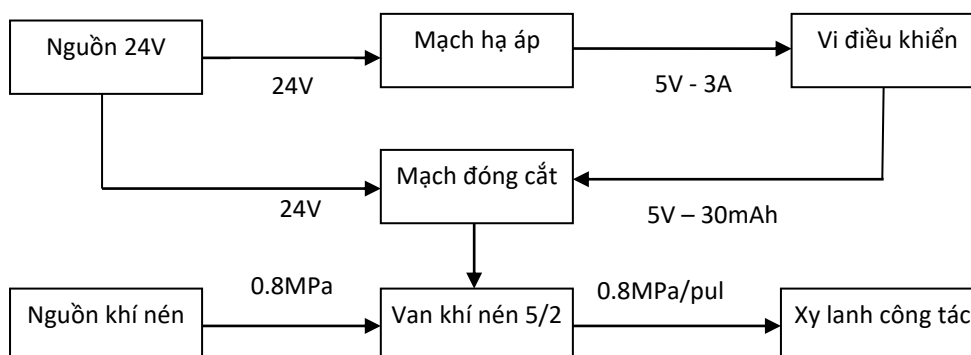
Hình 1. Sơ đồ hệ thống chấp hành

2.1.2. Hệ thống năng lượng và thông tin

Trên cơ sở sơ đồ điều khiển và thông tin (hình 2), các khối đầu vào và khối đầu ra thông qua khối điều khiển được xác định rõ ràng. Kết hợp với hệ thống năng lượng và tín hiệu (hình 3), các linh kiện tiêu chuẩn của sản phẩm sẽ được lựa chọn, các linh kiện phi tiêu chuẩn sẽ được chúng tôi thiết kế và chế tạo. Căn cứ vào sơ đồ này còn để điều chế các dạng năng lượng (điện/ khí) tới mức quy định của thiết bị theo yêu cầu. Do đó các thiết bị có chức năng điều chỉnh hoặc ổn định (dòng/áp) được bổ sung thêm vào thiết kế.



Hình 2. Sơ đồ điều khiển và thông tin



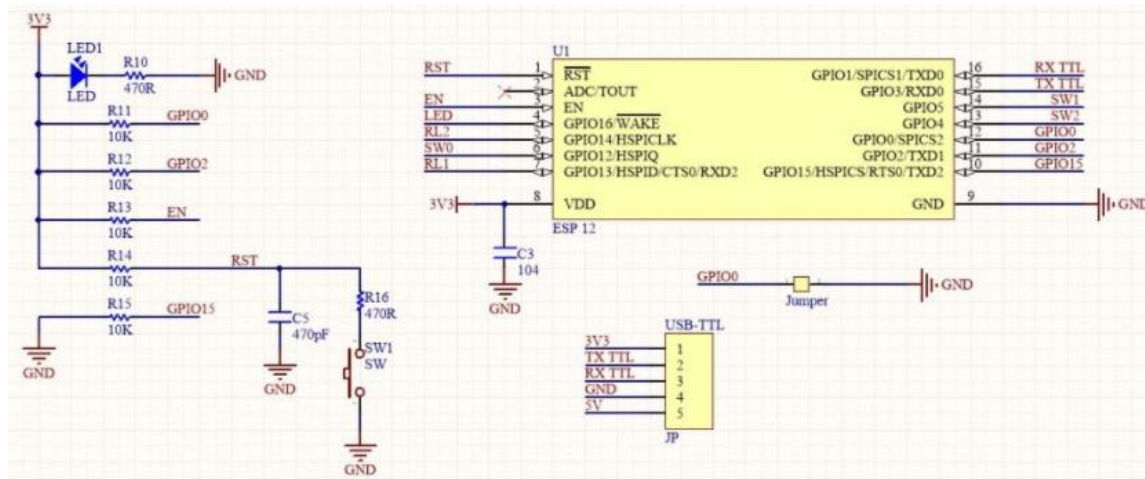
Hình 3. Sơ đồ năng lượng và tín hiệu toàn hệ thống

Một số linh kiện có thiết kế tiêu chuẩn được xác định dựa trên yêu cầu kỹ thuật cụ thể của sản phẩm:

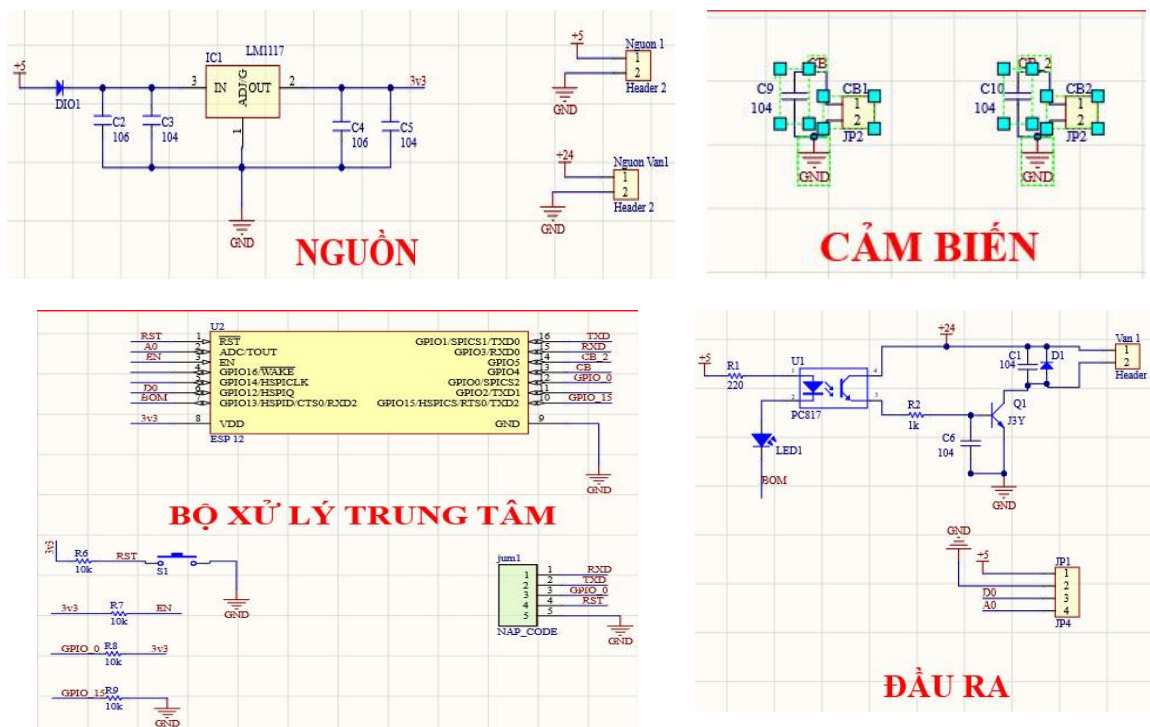
- Về khối nguồn, mạch hạ áp DC LM2596 3A sẽ được sử dụng do tính nhỏ gọn, có khả năng giảm áp từ 30 V xuống 1,5 V mà vẫn đạt hiệu suất cao (92%). Nó thích hợp cho các ứng dụng chia nguồn, hạ áp, cấp cho các thiết bị như vi điều khiển, camera, motor, robot;
- Công tắc hành trình hay còn gọi công tắc giới hạn hành trình, là dạng công tắc dùng để giới hạn hành trình của cò súng. Công tắc có tiêu chuẩn chống bụi chống nước IP67, nhiệt độ làm

việc trong khoảng dưới 70°C, có điện áp tối đa là 500VAC, dòng điện định mức là 1A. Kiểu tác động của công tắc loại này là cặp tiếp điểm NO và NC tác động nhanh với cần tác động 2 chiều;

- Cảm biến ánh sáng, có thể phát hiện cường độ ánh sáng. Nhờ đó nó có thể phát hiện được vật sáng trong màn hình trên phần mềm mô phỏng giả lập. Linh kiện này có mã là W103 dạng quang trở;
- Vi điều khiển trung tâm là mô đun thu phát WifiSoC ESP8266 ESP-12f. Mạch thu phát Wifi SoC ESP8266 ESP-12E Ai-Thinker có nhân xử lý bên trong là IC Wifi SoC ESP8266, thường được sử dụng trong các ứng dụng kết nối Wifi, IoT. Hiện nay nó có kích thước nhỏ gọn, ra chân đầy đủ của IC ESP8266 (Hình 4);



Hình 4. Sơ đồ chân giao tiếp IC Wifi SoC ESP8266

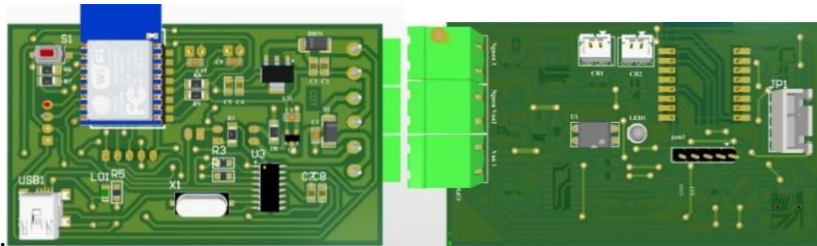


Hình 5. Sơ đồ đấu nối toàn bộ linh kiện trong thiết kế

- Về khối đầu ra, van điện từ 5/2 được lựa chọn là loại 4V210-08 hãng AirTac có áp suất tối đa 0,8 MPa phù hợp với nguồn khí có sẵn, van sử dụng điện áp DC24V cho phân chấp hành. Điện áp đầu ra của bộ xử lý trung tâm là 5 V thì không thể đủ để van điện từ 5/2 có thể hoạt động được, do đó cần thiết kế thêm mạch dùng để đóng cắt giữa nguồn điện 24 V với van điện từ 5/2. Khi nhận tín hiệu từ bộ xử lý trung tâm thì mạch đóng cắt chuyển trạng thái cho nguồn 24 V cấp cho van hoạt động và ngược lại.

- Ngoài ra còn có một số IC và linh kiện cho mạch đóng cắt, kết nối toàn mạch như Pc 817, SW-SMD, các loại trở 1K, 10K, các loại tụ 104, 106, Diot và đèn led.

Trên cơ sở các linh kiện nguồn/ khối vào/ khối ra đã xác định được, bo mạch chủ là linh kiện phi tiêu chuẩn được thiết kế như trên hình 6, với sơ đồ đấu nối mạch được thể hiện đầy đủ như trên hình 5.



Hình 6. Bo mạch chủ mặt trên (trái) và dưới (phải)

Linh kiện này được thiết kế và chế tạo thử nghiệm ngay tại trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên (TNUT) để hoàn thiện thiết bị.

2.2. Phần giả lập trên Unity

Unity là một phần mềm làm game đa nền tảng, các nền tảng được hỗ trợ hiện nay là Android, IOS, Linux, macOS, Windows, Windows Phone. Unity3D cung cấp một hệ thống toàn diện cho các lập trình viên, từ soạn thảo mã nguồn, xây dựng công cụ tự động hóa đến trình sửa lỗi nên dễ sử dụng. Ngôn ngữ lập trình chính của Unity là C#, ngoài ra còn có hỗ trợ cho Javascript. Unity cũng tận dụng chức năng của các thư viện phần mềm như engine mô phỏng vật lý PhysicX của Nvidia, OpenGL và Direct3D để kết xuất hình ảnh 3D và OpenAL cho âm thanh nên nó hỗ trợ rất mạnh cho công việc lập trình game. Các mục tiêu được mô phỏng trên phần giả lập. Khi bắn trúng mục tiêu thì sẽ có mục tiêu khác xuất hiện. Như vậy khi thực hiện thao tác trên súng có thể có hai chế độ là: chỉ bắn khí nén (lúc này không kết nối loa blue tooth) và bắn liên thanh 30 phát liên tục mô phỏng một băng đạn (ngoài sức giết còn có tiếng động của khí thoát ra mô phỏng phát bắn). Nếu ở chế độ bắn truyền âm thanh của trò chơi ra loa Bluetooth chỉ có thể bắn phát một, nhưng lúc này có hai kênh âm thanh là tiếng khí nén và tiếng lồng vào phần mềm giả lập của trò chơi điện tử có sẵn.



Hình 7. Màn hình giả lập không gian trò chơi phối hợp với súng và cảm biến ánh sáng

Do tín hiệu cò đồng bộ với cảm biến ánh sáng nên hiệu ứng phản hồi có thể hiện kết quả bắn trúng hay trượt rõ ràng và đồng bộ với lực giật cũng như tiếng nổ mô phỏng. Trên màn hình (Hình 7) có thể hiện kết quả trò chơi rõ ràng tạo sự hấp dẫn lớn với người chơi.

2.3. Sản phẩm hoàn thiện và nguyên lý làm việc

Về hoàn thiện sản phẩm và như đã nói ở trên, công suất của nguồn khí nén khá nhỏ chỉ 0,8 MPa nên khối lượng súng bị ràng buộc và phải thi công bằng các vật liệu nhẹ. Hình 8 cho thấy sản phẩm hoàn thiện sau khi xiết các điều kiện về khối lượng, các chi tiết chủ yếu được in 3D bằng nhựa resin để đảm bảo bền nhẹ nhất có thể. Tất cả các linh kiện được giấu kín vào thân súng làm rộng để dễ dàng thao tác khi chơi.



Hình 8. Súng mô hình sau khi hoàn thiện

Nguyên lý làm việc:

- + Khi có tín hiệu cò gửi về, bộ xử lý trung tâm sẽ ra tín hiệu đóng cắt mạch cho phép cấp nguồn để van điện từ hoạt động. Van khi có điện sẽ chuyển trạng thái và cấp khí cho xy lanh tạo độ giật chuyển trạng thái.

- + Đồng thời lúc đó vi điều khiển cũng kích hoạt cảm biến ánh sáng hoạt động. Khi người chơi ngắm bắn chuẩn vào mục tiêu là các vật sáng trên phần giả lập thì cảm biến ánh sáng sẽ phát hiện ra và coi như là một lần bắn trúng mục tiêu.

3. Kết quả nghiên cứu và đánh giá

Sau khi hoàn thiện hệ thống và tiến hành thử nghiệm tác giả có một số đánh giá như sau:

- Thử nghiệm cho thấy xy lanh mô phỏng đúng nhịp giật của súng theo loạt bắn. Các bộ phận cơ khí phối hợp với nhau rất hiệu quả tạo được độ giật. Xy lanh có thể hoạt động liên tục với vận tốc cao trong một khoảng thời gian dài. Tuy nhiên độ giật chỉ đáp ứng được khoảng 30% so với độ giật do súng bắn đạn thật gây ra. Nguyên nhân là do sản phẩm sử dụng nguồn khí nén sẵn có có công suất nhỏ (chỉ 0,8 MPa) trong khi không thể rút khối lượng súng nhỏ hơn nữa nên sức giật chưa phản ánh mô hình gốc là súng AK (có sức giật 6,9 ft lbs). Nếu cần mô phỏng chính xác sức giật như của súng thật thì có hai cách: một là tăng áp lực khí nén, hai là tăng khối lượng chuyển động gắn lên cần đẩy của piston khí. Với phương án một, nguồn khí nén áp cao nhất có thể tiếp cận được dễ dàng là bình khí gas - CO₂ với áp suất 20 MPa (được dùng cho súng Airsoft) so với áp suất đạn thật 355 MPa thì súng cần nặng 0,24 kg là khó khả thi, trừ khi súng được chế tạo bằng các công nghệ đặc biệt như sợi cacbon. Có thể chọn phương án thứ hai là tăng sức giật (động năng lùi) bằng cách tăng khối lượng khối chuyển động mà không tăng áp suất nguồn khí. Giải pháp này khả thi và an toàn hơn.

- Sản phẩm dễ dàng mô phỏng lại quá trình điểm xạ một viên, hai viên, hoặc có thể bắn một viên rồi bắn liên thanh luôn và gần như là không hạn chế về chế độ bắn. Tay cò với lực căng và điểm chạm tương đối giống súng thật.

- Về tốc độ bắn: Tốc độ bắn trên thực tế là 600 phát/ phút được xác định ngay trong lập trình (là tần suất đóng mở van khí nén). Thông số này đáp ứng được như súng thật.

- Thử nghiệm bắn mục tiêu trên phần mềm giả lập Unity đạt kết quả rất tốt. Cảm biến ánh sáng hoạt động và nhận biết mục tiêu khi ghép súng vào hệ thống màn hình của trò chơi bắn vịt (Duck Shooter). Việc bắt mục tiêu này đúng với nhịp giật của súng sau khi bóp cò. Khi vịt bay ngang màn

hình điểm chạm xác định phát bắn là trúng hay trượt mục tiêu. Tuy nhiên, cảm biến ánh sáng vẫn có thể bị nhiễu nếu ánh sáng bên ngoài có cường độ mạnh hơn ánh sáng mô phỏng vật. Tức là, khi chơi trò chơi này dưới trời nắng sáng, khả năng diệt mục tiêu sẽ gặp khó khăn hơn.

- Hiệu ứng âm thanh sống động và như âm thanh của súng thật. Vì trên súng có ngõ nối loa speaker nên âm thanh mô phỏng có thể dễ dàng được điều chỉnh. Âm thanh có được từ hai nguồn đồng thời là âm thanh của khí nén thoát ra khỏi van khí và âm thanh nền của trò chơi truyền qua loa Bluetooth. Tiếng súng được cài đặt này giúp quá trình bắn đảm bảo về mức độ chân thực do nó là file âm thanh được thu sẵn và chỉ phát lại ra loa cùng lúc với việc kéo cò súng.

- Về vấn đề tuổi bền hệ thống: do van 5/2 là van tiêu chuẩn công nghiệp nên độ bền được đảm bảo theo bảo hành của nhà sản xuất van. Các bộ phận của súng được làm từ gỗ, inox tấm, nhựa dẻo cùng các linh kiện khác như xylanh, ống carbon có độ bền rất cao, ít bị hư hỏng.

- Về giá thành, súng mô hình được chế tạo với các vật liệu dễ kiếm, quy trình gia công đơn giản nên giá rất rẻ. Do đó, sản phẩm hoàn toàn có khả năng được nhân rộng cho các trường hoặc đối tượng có nhu cầu.

4. Kết luận

Trên cơ sở mô hình đồng dạng, súng mô phỏng đã được hoàn thành và kết nối với môi trường ảo để hoàn thiện trò chơi. Một số yếu tố của mô phỏng đã cho trải nghiệm tốt ở góc độ trò chơi, nếu phát triển thành thiết bị tập luyện như tập độ nhạy tay có thể coi là đáp ứng yêu cầu.

Sản phẩm sau khi hoàn thiện đã được ứng dụng vào trò chơi trải nghiệm tại các trường THPT trên địa bàn tỉnh Thái Nguyên dưới dạng mô hình STEM và cũng đã giành giải nhì trong cuộc thi về Nghiên cứu khoa học cho học sinh THPT tỉnh Thái Nguyên năm 2021. Nó cũng an toàn do chỉ sử dụng nguồn áp suất thấp và không có cách nào chuyển đổi thành vũ khí thực sự. So với các nghiên cứu đã có ở phần 1 thì thiết bị này không dùng làm học cụ nghiên cứu kết cấu nhưng nó lại cho phép trải nghiệm cảm giác bắn súng đầy đủ và khá chính xác với những gì bắn súng thật mang lại mà các mô hình trước đó không có được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] P. Hien, "Model of AK submachine gun for learning," (in Vietnamese), *People's Army Newspaper*, March 25, 2012. [Online]. Available: <https://www.qdnd.vn/quoc-phong-an-ninh/xay-dung-quan-doi/mo-hinh-sung-tieu-lien-ak-phuc-vu-hoc-tap-439577>. [Accessed March 16, 2023].
- [2] General Department of Defense Industry - Ministry of National Defense, "Model of AK47 submachine gun for practice," (in Vietnamese). [Online]. Available: <http://vdi.org.vn/product/1628/mo-hinh-sung-tieu-lien-ak47-luyen-tap#>. [Accessed March 16, 2023].
- [3] N. L. Tu, "Simulation of structure, operating principles of some types of infantry guns for military training, defense and security education of Dong Nai province," (in Vietnamese), Science and technology development project, School of Army Officer 2, Ministry of National Defense, Bien Hoa, Dong Nai, 3/2014.
- [4] Han Thuyen High School, "Practice shooting AK submachine guns for 12th graders with the MBT-03 training machine," (in Vietnamese), Dec. 26, 2020. [Online]. Available: <http://thpthanthuyen.bacninh.edu.vn/hoat-dong/hoat-dong-chuyen-mon/to-td-gdqp/thuc-hanh-ban-sung-tieu-lien-ak-cho-hoc-sinh-lop-12-bang-may.html>. [Accessed March 16, 2023].
- [5] H. Wang, Y. Ma, D. You, and D. Wang, "Research on the visualization for the naval-gun fire-training scene," *International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2010, doi: 10.1109/iccasm.2010.5623134.
- [6] J. Seymour, *Jane's Simulation and Training Systems*. Jane's Information Group, 2005.
- [7] Y. Liu, "Plse-Based Generic Simulation Training Platform for Typical Weapon Equipment," *Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference*, 2006, doi:10.1109/wsc.2006.323091.
- [8] G.-H. Wang, X.-R. Li, H.-G. Xing, and T. Li, "Design and development of the newest armored equipments weapon maintenance training simulation system," *International Conference on Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering*, 2012, doi: 10.1109/icqr2mse.2012.6246475.

-
- [9] Q.-Y. Zhong, X.-X. Huang, L.-L. Tan, and F. Li, "Application research of Interactive Electronic Technical Manual in the training of XXX missile weapon system," *International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2010, doi:10.1109/iccasm.2010.5619333.
- [10] Z. L. Ma, L. Q. Fang, and C. R. Wang, "Research of Weapon Training Simulator Software Model Based on UML," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 599-601, pp. 1625–1628, 2014, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.599-601.1625.
- [11] J. E. T. Taylor, J. K. Witt, and J. Pratt, "A different kind of weapon focus: simulated training with ballistic weapons reduces change blindness," *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2017, doi: 10.1186/s41235-016-0037-0.
- [12] W. I. Jung, L. Lowe, L. Rabelo, G. Lee, and O. Kwon, "A Methodology on Guiding Effectiveness-Focused Training of the Weapon Operator Using Big Data and VC Simulations," *SAE International Journal of Aerospace*, vol. 10, no. 2, 2017, doi: 10.4271/2017-01-2018.
- [13] C. Hawks, "The 7.62x39 Russian (Soviet) Model 43," 2016. [Online]. Available: <http://chuckhawks.com/7-62russian.htm>. [Accessed March 16, 2023].